

透気試験による測定結果とコンクリートの品質評価に関する考察

東北学院大学 学生会員 ○加藤 亮真 東北技術事務所 法人会員 湯川 宗吉

東北学院大学 学生会員 山内 輔 早川ゴム(株) 正会員 大友 鉄平

東北学院大学 正会員 武田 三弘 ドーピー建設工業(株) 正会員 佐々木 徹

1. 目的

本研究は、震災復興道路橋コンクリート床版で使用されている同配合のコンクリート床版を用いて、養生マットの種類や打込み時期の違いが、コンクリートの密実性に与える影響を調べるため、養生が終了した供試体の同一箇所を、透気試験（ダブルチャンパー法）とX線造影撮影法を用いて測定し、両者の傾向や関係を求めた。また、凍結融解試験による耐凍害性についても調べた。

2. 実験方法

実験には、供試体寸法 800×800×250mm、実コンクリート床版で使用するコンクリートと同配合（36-8-20H、空気量 6.0%）のコンクリートを用いた。生コンプラントで練り混ぜられたコンクリートを型枠に打込み、コンクリート表面の硬化を素手で確認後、各種養生マットによる養生を1週間行った。なお、養生マットへの給水は1回限りとし、敷設前に1時間水中に浸漬させた後、1分間水切りを行ったものを敷設した。養生時に使用した養生マットの種類を表-1に示す。養生終了後は、養生マットを取り外し、材齢 28 日まで雨風があたる状態で暴露した。材齢 28 日後、養生マットを敷設した面に対して透気試験を行い、透気係数（Kt 値）を求めた。その後、同一箇所からコアを抜き、コアを厚さ 10mm 毎の円盤状に加工し、コンクリート用に開発

表-1 養生マットの種類

供試体名	春 養生方法	供試体名	夏 養生方法
No.1	無養生	No.1	無養生
No.2	湛水養生	No.2	湛水養生
No.3	黒マット	No.3	銀マット(遮光)・硬化後
No.4	白マット	No.4	銀マット(遮光)・硬化後3時間
No.5	銀マット(遮光)	No.5	銀マット(遮光)・硬化後6時間
No.6	黒マット(保水)	No.6	銀マット(遮光)・硬化後24時間
No.7	白マット(断熱)	No.7	銀マット(遮光)
No.8	黒マット(断熱)	No.8	黒マット(保水)
No.9	白マット(保水)	No.9	黒マット(断熱)
No.10	乾燥収縮低減剤	No.10	白マット(保水)

した造影剤に浸漬し、X線造影撮影により、表層から深さ方向の透過線変化量を求めた。Kt 値とはコンクリートにおいて空気を通しにくさを表すものであり、Kt 値が大きい程、空気が通りやすい（空隙が多い）ことを示す。一方、透過線変化量は、コンクリート中の初期欠陥や微細ひび割れの量を示すもので、値が大きいほど空隙が多く含まれていることを示している。本実験では、この透気係数と透過線変化量を用いて、養生後のコンクリート床版の品質評価を行った。また、透気係数を測定した箇所のコンクリートコア（φ100×50 mm）に対しても、上面に堰を設け、NaCl3%水溶液を溜め、凍結融解試験（5℃～-17.5℃）を 30 サイクルまで行い、スケール量測定から、凍結融解抵抗性の評価を行った。

3. 実験結果

図-1、図-2 は透気試験によって求められた床版供試体表層部の透気試験測定結果である。図-1 は、春養生（平均養生温度 17.2℃）の供試体の透気係数であり、図-2 は、夏養生（平均養生温度 27.3℃）の供試体の透気係数を示したものである。各図中の、青の棒グラフと赤の棒グラフは、それぞれ測定したときの供試体の材齢が異なり、春養生では材齢 28 日と 6 ヶ月後、夏養生では材齢 28 日と 3.5 ヶ月の時点で測定した結果となっている。図-1（春養生）において、材齢 28 日の供試体の Kt 値は全て 0.1 以下を示し、透気試験の指標としては優良なコンクリートであった。材齢 6 ヶ月の供試体 Kt 値は、材齢 28 日の値に対して、若干大きくなる傾向が見られたが、最大で 0.11 であ

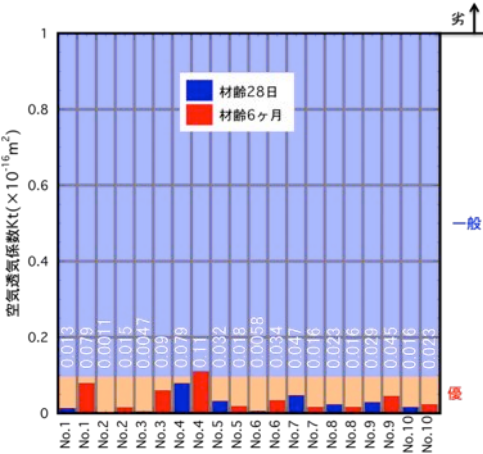


図-1 春養生 空気透気係数

り、ほぼ「優」の評価になった。一方、図-2（夏養生）において、春養生の場合と同配合にもかかわらず、材齢28日の供試体のKt値において、1を超えるものがNo.1,2,9,10の4供試体あり、それら以外は「優」および「一般」の評価となったが、春養生の場合と比較するといずれも大きな値となった。これは、養生温度による影響と考えられた。なお、No.2の供試体を湛水養生する際に、コンクリート表面が硬化したのを素手で確認後湛水状態にしたが、その際、入れた水が薄白く濁った。このことから、完全な硬化前に水を入れた為に脆弱な表層ができあがりKt値が高めに計測されたものと思われる。しかしながら材齢3.5ヶ月の測定結果では供試体全てのKt値は0.1以下になり、「優」および「良」の評価となった。いずれの時期においても、透気係数測定時におけるコンクリート表面の含水率は3.5%以下であることを確認しており、この測定結果の変化の理由として測定誤差は考えにくく、曝露期間において水和反応が進み、コンクリートの緻密化が進行したものと考えている。この結果より、透気試験の測定時期によっては測定結果がかなり大きくなり、過小評価してしまう可能性があることが分かる。

図-3は、春養生および夏養生の供試体に対して、X線造影撮影法により供試体表面から深さ方向の透過線変化量分布を求めたものである。青のラインが春養生、赤のラインが夏養生の供試体を意味している。同配合にもかかわらず、春養生と夏養生では透過線変化量に大きく差が見られることが分かるが、養生マットの種類による明確な差は見られなかった。これは、富配合および早強ポルトランドセメントを使用したため、一般に強度発現の過程で受ける乾燥収縮の影響が少なかったものと考えられる。また、夏養生における供試体の表層付近では養生温度の高いものほど透過線変化量が大きくなる傾向が見られたことから、夏期におけるコンクリートの打込みでは、極力、打込み温度が低く、その後の日射や水和によって高い養生温度にならないような養生マットの使用が必要であると思われる。

図-4、図-5は、春養生および夏養生供試体について凍結融解試験により測定したスケーリング量とサイクル数との関係を示したものである。この図より、春養生および夏養生の比較として、同配合にもかかわらず夏養生の方が、スケーリングが若干多くなる傾向が見られた。この傾向は、透過線変化量でも同様に見られた。凍結融解抵抗性として評価した場合、透過線変化量の測定結果の評価より、特に春養生の場合は高い耐凍害性を有していることがわかった。

4. まとめ

実験の範囲内において以下のことがわかった。

1. 透気試験の測定時期によっては、測定結果は大きくばらつくことがあり注意が必要である。
2. 同配合においても打込み時期によってはコンクリートの品質・耐凍害性に差が生じる場合があり、打込み・養生温度を下げることが重要である。
3. 早強ポルトランドセメントを富配合で使用する場合、養生マットによる効果がでにくい場合がある。

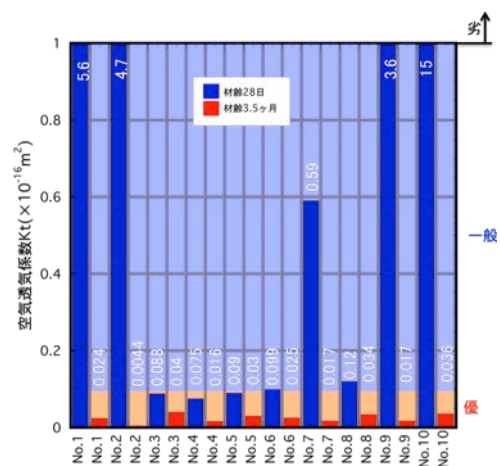


図-2 夏養生 空気透気係数

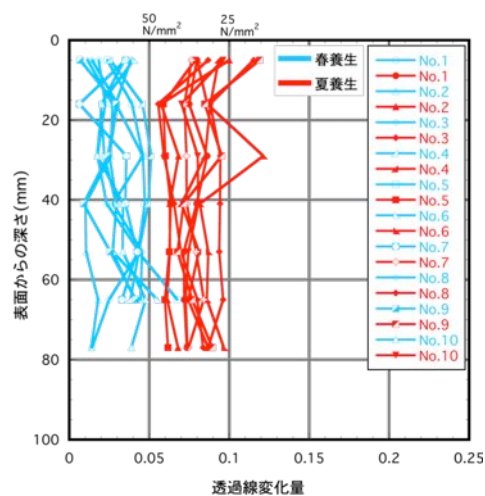


図-3 春、夏養生 深さと透過線変化量の関係図

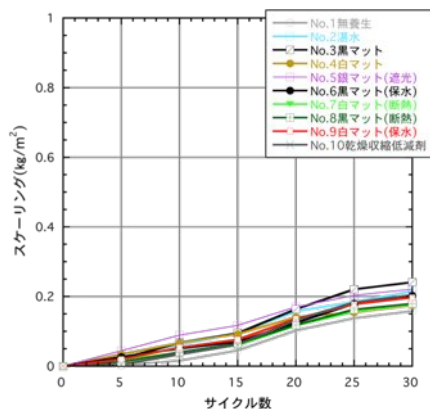


図-4 スケーリング量とサイクル数の関係(春)

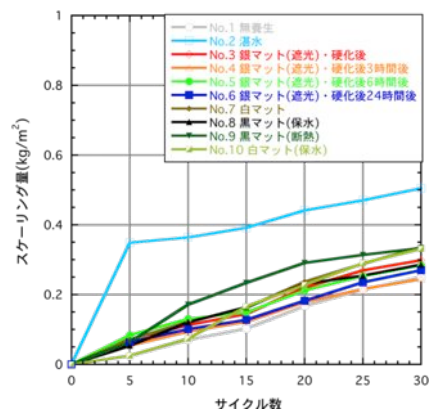


図-5 スケーリング量とサイクル数の関係(夏)